

Chapter 16 Genetics and the management of wild populations

野生個体群の遺伝的管理

個体群サイズの増加, 小さい **inbred** (同系繁殖) 個体群の回復, 断片化された個体群の管理, 近縁種との交雑による遺伝的 **swamping**(窮地に陥られること)の軽減, **harvesting** (取り除きの) 有害なインパクトを最小にする

Genetic issues in wild populations

Key genetic contributions to conservation biology

- ・ 分類上の不確定の分析
- ・ 種内の明確な管理単位の輪郭を保全に対する生物学的に意味のある実態として描く
- ・ 個体群の遺伝的特徴を確定する有効サイズの認識: **census** サイズより小さい
- ・ 遺伝的多様性の減少の発見。敏感な遺伝的マーカー特にマイクロサテライトは小さく断片化している個体群においてヘテロ接合性や対立遺伝子の多様性の減少を見つける力を持つ
- ・ 過去を描いたり未来を予測したりする理論の発見: 遺伝的バリエーションの変化。遺伝的多様性は **Ne** に依存する
- ・ 繁殖適応度の量的バリエーションに基礎をなす遺伝的多様性の認識は自然選択を通じて適切な進化に対しての **raw material** である。遺伝的バリエーションのロスは環境変化に反応して進化する個体群の能力を減少させる
- ・ 自然生息地での絶滅危惧種の近交弱勢に対する直接の証拠
- ・ 実際的なレベルでの潜在的近交弱勢は遺伝的バリエーションとの関係を推論されるマーカーによって評価される
- ・ 断片化の程度と遺伝子流動の割合は個体群内・間の遺伝的マーカーの **F statistics** の計算で推論される

この章は野生個体群に対する遺伝的管理活動のおおよその体制を説明する

- ・ 個体群サイズの増加
- ・ 遺伝的問題の調査分析をする
- ・ 自然で **outbreeding** (異系繁殖) する種の低い遺伝的多様性を持つ小さい **inbred** 個体群の回復
- ・ 断片化された個体群の遺伝的管理

Resolving taxonomy and management units

もし分類が正しくなければ野生個体群の適切な管理は不可能である (Chapter 15)。絶滅危惧種の野生個体群の遺伝的管理の最初のステップはその種の分類が正しく指定され明らかな管理単位が定義されているのを確かめる。

この章の残りで分類学的不確定や管理が解決され、管理ユニットの遺伝的管理を扱う

Increasing population size

絶滅危惧種の管理の最初の目的は減少を止め、個体群サイズを増加させることである。
これは種に対する全ての確率論的な脅威（人口学的、環境的、大災害的、遺伝的）を軽減する。

野生動物の生物学者や生態学者の領域でのプロセスの最初のステップは減少の原因の特定である。
個体群の減少を阻止し種を回復するための活動は取り除きの立法上のコントロール、保護区の指定、
汚染物質の減少、生息地の質の改良、捕食者や競争者の撲滅を含む
そのような活動は管理された地域の生物多様性の全てに利益がある。
この点で、絶滅危惧種は全てのコミュニティで **flagship** としてふるまう。

遺伝的情報は保全生物学者に **endangerment** の程度の警報を出すのに役立つが、上記の管理活動は遺
伝子に関してほとんどあるいは全くない
高く **inbred** している個体群の数の回復は付加的な遺伝的バリエーションの導入後に実質的に高められ
る

不安定な野生個体群は飼育繁殖個体を用いて増やすことが出来る。

The nene (Hawaiian goose)の野生個体群は自動的に継続することが出来なかったため、飼育下での増
加を行った。そのようなプログラムはもし、飼育個体群が飼育下での繁殖に適応して、野生での繁殖
能力が減少したら長い目で見ると逆効果になるかもしれない。
これは魚で明らかに問題となっている。**Captive** での **Genetic adaptation** は **Chapter 18**

Diagnosing genetic problems

野生個体群の絶滅危惧種の遺伝的管理の先駆者はそれらの **status** を調査分析することである

- ・ 絶滅しそうな種／個体群は遺伝的多様性を失っているか？
- ・ 近交弱勢をこうむっているか？
- ・ 遺伝的に断片化されているか？

これらの調査分析を実行する手段は **Chapter 3, 12, 13** で議論されている。多くの絶滅危惧種は **status**
が調べられている。実際、そのような調査分析はある程度までは主な遺伝的貢献として野生個体群の
保全に役立っている。しかし保全管理計画はいまだに初期の段階である。

下に遺伝的問題を緩和する遺伝的管理活動を考える

Recovering small inbred populations with low genetic diversity

低い遺伝的多様性を持つ小さい **inbred** 個体群の回復の効果的な管理戦略は、繁殖適応度や遺伝的多様
性を向上させるために他の個体群から個体を導入することである。このアプローチは成功している
という広範囲な実験的な証拠がある。例えば、**greater prairie chickens, Swedish adders, desert topminnow
fish** の自然の個体群で適応度を向上させた(**Chapter 12**)。The **scarlet gilia plant** では **outcrossing** (外部
交配) が小さい **inbred** 個体群のタネの量を向上させた。しかし、大きな **non-inbred** 個体群ではちがう

(Fig.16.1)。似た利益は *fruit flies*, *rye grass*, *Silene alba* などの多くの **domestic** 動物や植物の実験個体群で証明されている。

小さい **inbred** 個体群を回復する外部交配の明らかな利益にも関わらず行われているケースはほとんどない

Source of unrelated individuals for genetic augmentation

適応度や遺伝的多様性の回復のために、**inbred** 個体群へ導入する選ばれる個体は、**outbred**（もし利用できるなら）もしくは **inbred** しかし導入される個体群と遺伝的に違いがあるものであろう。

同じ分類群に血縁関係のない個体を使用できない場合、他の亜種からの個体が近交弱勢を緩和するために使われることができる。

もし絶滅危惧種が唯一の個体群としてしか存在していないならば、付加的な遺伝的 **material** の可能な **source** は血縁や交配できる種からのみである。

絶滅危惧種に近縁種を交雑させるオプションは非常に注意して考える必要がある。**outbreeding** 弱勢の重大なリスクがあるかもしれないので、潜在的利益が非常に大きいことが必要である。しかし、種間交配は繁殖適応度に関して有益なもしくは有害な効果が等しい確率であることが発見されている。そのような交配は完全な実行の前に、雑種が **F1** や次の世代での生殖能力があることを確かめるために、実験的なベースで評価されなければならない。いくらかの **outbreeding** 弱勢が起こっても、近交弱勢はかなり減らされる。さらに、自然選択は、特にもし雑種個体群が大きな繁殖的な過剰があるならば、結局 **outbreeding** 弱勢のほとんどまたは全てを取り除く。種間の遺伝的分化の程度は高等な分類でかなり変化があるとすれば、ある分類での種間の交配は他の分類での亜種間の交配と等しいに過ぎない。

Management of species with a single population lacking genetic diversity

遺伝的展望から、もっとも悪い状況は絶滅危惧種の亜種がいなく交雑する近縁種がいなく、単一の **inbred** 個体群のときである。遺伝的多様性が減っているというレベルの情報は種の弱さ (**fragility**) の表示のみが有用である。遺伝的多様性が低ければ低いほど進化的潜在性が低くなり、その **physical** (肉体的) または **biotic** (生体の・生体の活動に起因する) 環境の変化に対処する妥協能力 (**compromised ability**) を持つ種の確率が高くなる。

弱い種に対する管理体制は以下のことに対して始められるべきである

- ・ 個体群サイズを増加する
- ・ いくつかの地域で個体群を設立する (**catastrophes** のリスクを最小にするため)
- ・ 環境を改善して繁殖率を最大にする (例えば捕食者や競争者を取り除く)
- ・ 環境の変化から防護する

後半の体制は新しい環境的な脅威が起こるやいなや救済的な活動を始められることができるように、病気、ペスト、捕食者、競争者から隔離して、モニタリングすることを含む。例えば、オーストラリ

アで最近発見され、絶滅危惧の *Wollemi pine* は個体群間・内で数百の *loci* で全く遺伝的多様性が欠けている (Chapter 3)。

回復計画 (NPWS 1998) は (a) *location secret* を保つことで個体群への接触を制限する (b) 認可された人々の *site* への接触を制限する (c) 病気の導入を避けるための厳格な衛生的なプロトコルを制定する (d) *fire management* (火事の管理) (e) 植物園でそれぞれの植物のサンプルを外部で維持する。

さらに、種の *commercial propagation* (宣伝用の伝達・商業用の増殖) は個体群サイズを増加させ、確率論的なリスクを減らす。皮肉なことに、そのようなケースでは、ただの一個体の維持がその種の完全な遺伝子プールを維持する。しかし、これは遺伝的ではない原因からの絶滅リスクを増やす点で明らかに無謀である。このような状況の植物種は動物以上に有利であり、多くは切ることによって増殖されることが出来る。

低い適応度や量的遺伝的バリエーションが限定されている単一の個体群の種の遺伝的多様性の回復は突然変異を通してもしくは他の種からの遺伝子移入を通してのみ可能である。

Genetic management of fragmented populations

多くの絶滅危惧種はジャイアントパンダのように断片化された生息地である (Fig. 16.2)。断片化された個体群に対して遺伝的多様性を最大にして同系繁殖や絶滅のリスクを最小にする管理オプションは

- ・ 生息地の面積を増加
- ・ 利用できる生息地の適合を増やす (密度を増やす)
- ・ 転地による移住を人工的に増やす
- ・ すでに絶滅した適合した生息地に個体群を再設立する
- ・ 生息地コリドー (回廊) を作る

孤立した断片での有害な遺伝的結果を緩和もしくは防ぐために、遺伝子流動は個体 (転地) または配偶子 (普通、精子もしくは花粉) を移動させるか、もしくは移住コリドーを設立することによって再定着するために必要である。移住による利益は多くのケースで確立されている (Chapter 12, 13)。小さな *scabious* 植物で個体群間の交配は個体群内の交配の 2.5 倍適応度がある。

個体群間の個体の転地は高価で、特に大きな動物では、ケガのリスク、個体が放されるとき病気の伝達や行動の混乱を伴う。例えば、雄ライオンを導入すると一様に子供を殺す。さらに、多くの種の性成熟したオスは侵入者を殺す。転地のコストは人工授精のテクニックが完成された種で減らされることが出来る。*outbreeding* 弱勢を避けるための同じ注意が計画的な転地で果たされなければならない。

生息地断片間のコリドー (頻繁に遺伝的でない理由による推薦されている) は孤立した個体群間の遺伝子流動を再定着することが出来る。種は効果的な移住パスになるコリドーに対する要求で異なる。この種のもっとも大掛かりな計画は 'The Wildlands Project' という北アメリカの北から南にコリドーを作ることである。そのコリドーは現存する保護区をリンクし、保護区とコリドーの両方は野生動植物にとって快適な緩衝地をとめない取り巻く。このビジョンを達成するための時間の枠は数百年である。政治的、社会的、財政上の問題がある。それでもなお、そのようなシステムは長期間の生物多様性を

保全するためには欠くことが出来ない。世界的な気候の変化で植物や動物は気候帯を移動して対処するための分布を変える必要がある。現在、そのような移動は保護区と保護地間の荒れ果てた生息地によって大きく妨げられている。

現在、小さく、**inbred** 個体群の遺伝的増加をしようと思っているとき 2 つの実用的な決定がなされなければならないことを考える。移住の供給源と投入の割合である。

Managing gene flow

多くの問題が提出されるので、遺伝子流動の管理はかなり複雑である。

- どの個体を転地する？
- どのくらい量？
- どのくらいの頻度で？
- 何処から何処へ？
- いつ転地を始めるか？
- いつやめるか？

これらの質問に答えるには個体群が遺伝的にモニターされていることが必要である。最適化する多くの変数があるので **Box 16.2** で与えられているタイプのコンピューター予測はしばしば要求された管理を明確にする（詳細に論ずる）必要がある。その目的は受け入れられるコストを持つ遺伝的に生存能力のある個体群を維持したり他の管理制約内で適応する体制を明らかにすることである。

Re-establishing extinct populations

個体群サイズを最大化するためや絶滅リスクを最小化するために、生息地がその種をまだサポートすることが出来るなら、絶滅している個体群は、現存する個体群から再定着されるべきである。

どの個体群が絶滅個体群を再定着させるために使われるべきか？ **inbreeding** を最小にし、遺伝的多様性を最大にするために、再定着個体群はほとんどまたは全ての現存する個体群からサンプルされるべきである。選択があまりない個体群のケースでは南東オーストラリアのコアラがある (**Box 16.3**)。低い遺伝的多様性の島の個体群は再導入のために使われた。これらの供給源から多くの個体が利用できた。遺伝的問題は無視され有害な遺伝的結果がでた。

現存個体群間の適応的な遺伝的分化の証拠がある（例えば多くの植物）転地された個体は普通再導入生息地に最も適応していると思われる個体群から来るべきである。これはしばしば地理的に最も近い現存個体群である

島の個体群が典型的に低い遺伝的バリエーションや同系繁殖であるので転地のための供給個体群として考えられているとき注意されるべきである。例えば、**Eldridge** ら (1999) は西オーストラリアの

black-striped rock wallabies の小さい孤立した **mainland** 個体群は数的に大きな個体群の **Barrow Island** より **microsatellite diversity** がかなり高いレベルであることを示した。さらに、島の個体群では繁殖率がより低かった証拠があった。この個体群は転地に対する供給源としては賢くない選択である。

新に仕入れるため利用できる個体群で、遺伝的多様性は比較され、最も高い繁殖適応度を持つ最も異なった（多様な）個体群、または個体群間の交配が選ばれるべきである。

Genetic issues in reserve design

多くの生物学的、生態学的、政治的そして遺伝的考えが自然保護区のデザインを考える時に釣り合わせることもある。**Soule & Simberloff (1986)**は生態的や遺伝的な保護区デザインの 3 つのステップを示唆した：(a) ターゲットまたは **keystone** 種を明確にする。それらのロス保護区の生物多様性の価値を有意に減少させる (b) これらの種にとって長期間の生き残りの高い確率を保証する最小個体群サイズを決定する (c) これらの種に対してわかっている個体群密度を使い、最小の数が維持されるために必要な面積を見積もる

保護区デザインでの遺伝的問題は

- ・ 保護区は遺伝的に生存可能個体群をサポートするために十分な大きさか？
- ・ その種は保護区内の生息地に適合するか？
- ・ 1 つの大きな保護区またはいくつかの小さな保護区があるべきか？

Chapter 14 での議論から、十分なサイズの保護区は、維持するために有効な個体群サイズとして、少なくとも数百そして数千の実際のサイズが必要である。詳細なコンピューター推測はこの主張を支持している。

絶滅危惧種は 1 つの大きな保護区またはいくつかの小さな保護区で維持されるべきか？一般に、1 つの大きな保護区は遺伝的観点からより好ましい。もし、小さな保護区内の個体群が絶滅するリスクがあるなら（多くの種でのありそうなシナリオ）。しかし、突然の大変動（**catastrophes**）に対する保護は 1 つの保護区より多いことが望ましい。最もよい妥協はかなり大きな保護区 1 つ以上持つことである。しかし、これらの中で自然もしくは人工的な遺伝子流動があることを保証すること。実際問題として、保護区の実地はしばしば偶然の過程である地元の政策によってより多く決められている。ほかの土地は生物学的主題よりもいくつかの複合的な目的（例えばレクリエーション）に使われる。

Introgression and hybridization

遺伝子移入は 1 種または亜種から他のものへの **alleles** の流れである。一般的に、雑種形成は人間が外来種をまれな種の範囲に導入するとき起こる。または以前孤立した種が生息地の変化で現在 2 次的に接触することで起こる。遺伝子移入は遺伝的保全に対して脅威である。

遺伝子移入は遺伝的マーカー（**allozymes, microsatellites, DNA fingerprints, RAPDs and chromosomal studies**）の広い範囲を使って見つけられることが出来る。

Alleviating introgression

The **Catalina mahogany** は交雑を受けた主の管理の 1 つの例を供給している。この管理プログラムの主な部分は残っている植物の保護や数を増やすことである。このケースでは、遺伝的情報は交雑形成問題を明確にすることや交雑個体の識別が重要で、回復プロセスでの役割は限定的であった。この問題に取り組むためのオプションは導入種の除去、純粋な個体の隔離された地域または飼育下への転地である。これらのオプションの成功は達成が困難である。エチオピアオオカミの生息地から全ての犬を取り除くことは実際的ではない。the **Pacific Northwest** での **native salmon** のケースでは、他の **salmonids** がすでに導入されている。理論的に、魚は近い湖で根絶させ、純粋な **native fish** を新たに供給することは出来る。しかし、魚の分散をコントロールすることは承知の通り困難である。漁師はしばしば違法に供給を企てる。

Impact of harvesting

野生動植物の多くの種は取り除かれている。これは有効個体群サイズ、遺伝的多様性、世代間隔を変える。たいてい効果は遺伝的に有害である。例えば、**Ryman** ら(1981)は **moose** や **white-tailed deer** の狩猟はたとえ短い期間であっても遺伝的多様性を激しく減らすことを示した。狩猟政策は有効個体群サイズを **moose** で 64–79%、**deer** で 58-65%減少させた。密猟はアジアゾウで性比や繁殖率に破壊的なインパクトを与える。**bighorn sheep** の狩猟は主に大きな角の雄羊がターゲットとなった。大きな角の雄羊は高いヘテロ接合性を持つため、狩猟は遺伝的多様性を減少させたかもしれない。南アフリカの **the greywing francolin** は遺伝的インパクトを制限する；狩猟された個体群の地域個体群サイズの減少は狩猟の後の移入の増加で平行が保たれている。

森林伐採は繁殖システムを変えるかもしれない。伐採された森と近くの伐採されていない森の比較では、**Murawski** ら(1994)は伐採はスリランカでは珍しい種の **inbreeding** のレベルが 1 次林で自家受粉が 15%なの伐採された森では 35%に増加したことを示した。遺伝子流動は中央から南アメリカにかけての **royal mahogany tree** で断片化によって減っている。

多くの野生種は選択的に人間に取り除かれている。個体群内の特別な表現型を好む。これらはゾウ、サイ、シカ、ムース、魚、鯨、**crustaceans**、**forest trees** や多くのほかの植物を含む。これはその種の表現型を変える選択的な圧力になる。自然選択と競合し、個体群の全体の適応度を減少させえるかもしれない。例えば、大きな角を持つオスは猟師の餌食として好まれる。これは小さな角に対しての選択が期待されるオスの大きな角が自然選択で好まれることと競合する。同様に、牙のないオスのゾウの頻度がアフリカやアジアのいくつかの個体群で増えている。象牙の密猟のために牙のないオスのゾウは牙のあるオスより交尾相手を見つけることが難しく、またライオンや他の捕食者を追い払うことが出来にくいかもしれない。

選択的な取り除きのインパクトの明らかな解決策は規則を変えてよりランダムにすることである。しかし、これは実際に達成することは非常に難しい。ゾウの象牙の取り除きはそれ自体がすでに違法行

為であるのでコントロールできない。取り除かれた種はしばしば大きく頻繁に数の減少が起こる。取り除く個体群の割合を保護することがオプションである。このように、全体的に野生群体は取り除きによる遺伝的インパクトを減少させるために取り除き地域を導入することで維持される。

選択的取り除きの遺伝的、進化的インパクトはより注目される価値がある。

Genetic management of species that are not outbreeding

上記の material で、二倍体の **outbreeding** 種に集中してきた。しかし、植物の多くの種やいくらかの動物は管理体制を修正する必要がある様々な繁殖システムをもつ。

これらは

- ・ 無性繁殖
- ・ 自家受精
- ・ 半倍数性 (in Hymenoptera)
- ・ 多倍数性 (多くの植物や少しの動物で見られる)

Asexual species

多くの植物種は **runners, bulbs, corms, etc.**を通して無性生殖が出来る。もっぱら無性生殖をする種は典型的に 1 か少しのクローンとして存在する。いくつかの絶滅危惧のオーストラリアの種は 1 つのクローンとして存在する。Triploid shrub King's lomatia, the Meelup mallee tree, the Wollemi pine。スペインからの絶滅危惧の **Limonium dufourii plant** はいくつかの **triploid clones** から成っている。

全体的にクローンの種では、**inbreeding** は気にしなくていい。しかし、1 つのクローンとしてしか存在しない種は、**outbreeding** 種の高い **inbred** 個体群と同様に環境変化に反応して妥協的能力をもっている。

有性と無性生殖の混合を示す種は、遺伝的に異なる個体の数は個体の数よりもかなり少ない。

無性生殖する種での遺伝的多様性の保持はその場での保全と絶滅個体群の再定着や外部での保全が必要である。遺伝的多様性はクローン間で起こるかもしれない。しかし、クローン内の個体は非常に似ているかもしくは全く同じである。主な保全の必要は識別することや出来るだけ多くの異なるクローンを維持することである。理論的には、1 個体で全体のクローンの遺伝的多様性を **capture** するのに十分である。しかし、突然変異はクローン内で低いレベルでの遺伝的多様性を生じさせる。それ故、それぞれのクローン数個体が保存されるべきである。

Self-fertilizing species

植物種の約 20% が常習的に自家受精を行っている。そして、他の 40% が時々それを行っている。さらに、いくつかの無脊椎動物（ナメクジやカタツムリ）もまた **self** である。

自家受精が広く行われる種は典型的にヘテロ接合性が **outbreeding** 種よりも小さい。個体群内に比べて個体群間に分布した遺伝的多様性の高い割合を持った。結果的に、**selfing** 種の広い範囲のサンプリングが全体の遺伝的多様性を包括するために必要である。個々の個体群のロスとは異系繁殖する種の個々の個体群のロスよりも重大な結果をもつ。

inbreeding は **selfing** 種ではあまり問題にならない。彼らは一般に **outbreeding** 種よりも近交弱勢が少ないからである。しかし、**selfing** 個体群はしばしばところどころで外部交配する。それで、絶滅危惧種はそのような機会が維持されるべきである。

生息地のロスや断片化は **outbreeding** するよりも **selfing** 種のほうがより大きなインパクトを持つ。というのは彼らの遺伝的多様性のより多くが個体群間で分布しており個体群内ではより少ないからである。個体群の断片化の結果としての遺伝子流動の減少は自然に **inbreeding** 種でよりも重要性は低い。制限された遺伝子流動のためにすでに高く断片化されているからである。個体群内での遺伝的多様性や、個体内でのヘテロ接合性を保持するため、小さな断片化された個体群は他の断片からの個体を増やす必要がある。

Haplo-diploids

動物種の 15%以上、主に **Hymenoptera (ants, bees and wasps)** は繁殖が haplo-diploid 法である。**Hymenoptera** ではメスは 2 倍体でオスは 1 倍体である。そして、全ての loci は sex-linked である。半倍数体の有効サイズは性比が同じであるなら、同じ個体群サイズの 2 倍体の 3/4 である。結果的に、2 倍体種よりも低い遺伝的多様性である。半倍数体種では突然変異で有害な突然変異の平衡頻度-選択平衡が 2 倍体種よりも低いと期待される。それで、2 倍体よりも近交弱勢が弱いと期待される。

半倍数体種の管理は遺伝的多様性の等しい割合を維持するために 2 倍体種よりも大きな個体群サイズを必要とする。しかし、近交弱勢に関してはあまり考えなくていい。

Polyploids

Polyploids (植物の大部分) の遺伝的管理は似たような繁殖システムを持つ 2 倍体と同じである。しかし、一般に、同量の 2 倍体に対してよりも遺伝的に関心を持たなくてよい。**Polyploids** はおそらく 2 倍体よりも近親弱勢が小さいだろう。さらに、**Polyploids** の小さい個体群での遺伝的多様性のロスは似たようなサイズの 2 倍体個体群よりも小さい。結果的に、**polyploids** は 2 倍体よりも小さい個体群サイズに耐えることが出来る。しかし、そのサイズは人口学的、環境的に確率論を避けることが要求される急激な環境変化は 2 倍体と同様である。

近縁の 2 倍体と **polyploids** の交雑は個体群 **viability** を減少させるかもしれない。4 倍体と 2 倍体の交配は不妊の 3 倍体を産む。そして全体的に繁殖子孫を減らす。絶滅危惧の **grassland daisy** で示されている。3 倍体個体は再設立された 4 倍体個体群で見られる。近くの 2 倍体個体群との交雑が起こるからである。遺伝的管理は **polyploids** と 2 倍体との交雑を最小にすることを狙いとすべきである。

Summary

1. 野生個体群の遺伝的管理は個体群サイズの増加、小さい **inbred** 個体群の回復、断片化された個体群の管理、近縁種との交雑による遺伝的な **swamping** を軽減することや取り除きによる遺伝的インパクトを最小にすることを含む
2. 低い遺伝的多様性の小さい **inbred** 個体群は他の個体群（もし現存していれば）からの移住を加えることや遺伝的劣化を最小にするサイズを増やすことで回復する。
3. 不十分な遺伝子流動の断片化された個体群は転地（**translocation**）, コリドーの創立、遺伝的劣化を避けることが必要である
4. 普通の近縁種との交雑はいくつかの哺乳類、鳥類、植物や多数の魚類で脅威である。管理は普通の種と減らしたり純粋な個体群を保護することによって交雑を最小にすることが必要である
5. 選択的取り除きは一般に種を変える。取り除き政策はできるだけ選択しないで行うようデザインする、または、個体群の一部が取り除きなしに維持されるべきである
6. 異系繁殖する 2 倍体でない種は遺伝的多様性のロスや近交弱勢の感受性は変えられ、修正された遺伝的管理政策が必要である。